

*Über Herzreizung und ihr Verhältniss zum Blutdruck.*Von Dr. **Einbrodt** aus Moskau.

(Vorgelegt von Prof. K. Ludwig in der Sitzung vom 20. October 1859.)

Die Thatsachen, welche über die Folgen der elektrischen Reizung des Herzens und seiner Nerven bekannt geworden sind, bin ich befähigt, um einige neue zu vermehren in Folge einer Untersuchung, die ich im Laboratorium des Herrn Prof. Ludwig angestellt habe.

Zu meinen Versuchen habe ich lebende Kaninchen oder Hunde benützt, deren Brusthöhle entweder geöffnet wurde oder auch geschlossen blieb. — Um in dem letzteren Falle die Änderungen der Herzbewegung wahrzunehmen, bediente ich mich theils des Blutdrucks und theils eines vom Herzen in Bewegung gesetzten Fühlhebels. Die Verbindung dieses Hebels mit dem Herzen wurde hergestellt durch eine Nadel, die durch die Brustwand hindurch in der von Middeldorpf angegebenen Weise in den Ventrikel eingestossen war. Das freie Ende dieser Nadel führt nun bekanntlich, indem sie aufsteigt, auch rotirende Bewegungen aus. Da es mir nur darauf ankam, die senkrechte Componente ihrer Bahn aufzufangen, so machte ich die seitlichen Bewegungen des Nadelendes für den Hebel unwirksam, eine Bedingung, die besonders darum erfüllt werden musste, weil ohnedies der Hebel nicht allein einen schleudernden Gang angenommen, sondern auch kleine Bewegungen des Herzens selbst gehemmt oder wenigstens nicht angezeigt hätte. Da die Erhebungen der Nadeln aber sehr gering, oft kaum merklich waren, so wurde der Hebel zum Fühlhebel umgestaltet, und weil die vergrösserten Ausschläge auf die Trommel des Kymographions verzeichnet werden sollten, so wurde der bogenförmige Weg, den das freie Ende des langen Arms beschrieb, in einen geradlinigen umgesetzt. — Somit kam der Hebel zu folgenden Einrichtungen. An dem Gestell der

rotirenden Trommel wurde das Achsenlager des Hebels befestigt und zwar so, dass es auf- und abgeschoben und in jeder Höhe festgestellt werden konnte. Der Schreibstift, welcher das Ende des langen Hebelarmes bildet, wurde durch eine feine Stahlfeder gegen die Trommelfläche angepresst und zwar so, dass die Stahlfeder am meisten verkürzt war, wenn der Hebel horizontal lag, während sie sich ausdehnte, sowie der Hebel nach oben oder unten aus der genannten Lage wich. Es war also dieselbe Einrichtung in Anwendung gebracht, welche den Physiologen vom Myographion her bekannt ist. Die Verbindung des Hebels mit der Herznadel geschah durch ein gebrochenes, aus zwei Stücken zusammengesetztes Stäbchen, das von dem kurzen Hebelarm herabhing. Das untere Stückchen desselben trug an seinem freien Ende eine Klammer, durch die es an die Herznadel befestigt werden konnte, und sein anderes Ende hing beweglich in einer Achse, die in das untere Ende des oberen Stäbchenstückes eingelassen war; diese Achse stand senkrecht zu der des Hebels; das obere Ende des oberen Stückchens war ebenfalls in einer Achse aufgehängt, die aber natürlich mit der des Hebels gleich lief. Diese Einrichtung, die in ihrer Gesamtheit nur dazu dienen sollte, die Zahl der Herzschläge zu notiren, erfüllte ihren Zweck, denn sie ging leicht genug, um selbst geringe Stösse zu empfinden und sie war an das Herz hinreichend befestigt, um sich nicht unabhängig von ihm bewegen zu können.

Der Manometer sollte zunächst den mittleren Blutdruck bestimmen, also die Arbeit, welche das in seinen Bewegungen geänderte Herz in den Blutstrom legte. Man erhielt aus seinen Daten aber auch einen vollkommenen Aufschluss über die Schlagfolge des Herzens; nur dann, wenn die Herzbewegungen zitternd und sehr schwach wurden, prägten sich im Hebel die Herzstösse anders aus als in den Blutimpulsen auf das Manometer; wenn aber die Bewegungen des Herzens auch noch so zahlreich, und der Puls nur nicht fadenförmig war, so gaben Manometer und Hebel immer gleichviel Herzschläge an, zum Beweis, dass nach den von Ludwig <sup>1)</sup> gegebenen Vorschriften die Trägheit des Quecksilbers wirklich unschädlich gemacht werden kann.

Die Reizung wurde auf das Herz übertragen durch zwei Nadeln, die einige Linien von einander entfernt da eingestochen wurden, wo

<sup>1)</sup> Lehrbuch der Physiologie. 2. Aufl. 2. Bd. p. 155.

der Herzschlag am lebhaftesten fühlbar war; da mir anderweitig bekannt war, dass die Wahl des angegriffenen Ortes nicht gleichgiltig ist für den Erfolg der Reizung, so hätte es von vorn hinein nothwendig erscheinen können, denselben noch bestimmter festzustellen, als es durch die angegebene Bezeichnungsweise geschehen; die Erfahrung lehrte jedoch, dass sie genügt, denn ich erhielt bei ihrer Befolgung unter sonst gleichen Umständen auch gleiche Resultate.

Als reizende Vorrichtung diente entweder ein Element Grove oder ein du Bois'scher Schlitten, der durch ein solches Element in Bewegung gesetzt wurde. Mochte der constante Strom oder die Inductionsschläge angewendet werden, immer begann ich den Versuch mit schwachen Einwirkungen, die ich auf bekannte Weise so lange steigerte, bis sie merkliche Veränderungen in der Herzbewegung erzeugten, erst dann begann die Aufzeichnung auf der Trommel. Der Schliessungsbeginn und die Schliessungsdauer wurden ebenfalls auf der rotirenden Trommel niedergeschrieben durch eine Feder, deren Träger die Kette schloss, wenn sie selbst das Papier berührte.

Alle übrigen hier vorkommenden Bestimmungen sind nach bekannter Angabe genau ausgeführt; die Thiere wurden durch Opiumtinctur vor dem Versuche betäubt.

### I. Reizung des Herzens durch Inductionsschläge.

Wenn die Inductionsschläge in die Herzkammern eintreffen, so ändert sich die Bewegung derselben dahin, dass die einzelnen Muskelbündel nicht mehr gleichzeitig zucken, sondern dass das eine erschlafft ist, während sich ein anderes benachbartes verkürzt; dabei hat es jedoch den Anschein, als ob von allen Fasern in gleicher Zeit auch gleichviel Bewegungen ausgeführt würden. — Die Zusammenziehungen jedes einzelnen Bündels folgen sich einander rascher, als dieses vor der Einwirkung der Inductionsströme geschah; unter Berücksichtigung des vorhergehenden Satzes kann man also die Zahl der Herzschläge eine beschleunigte nennen. Aber es ist die Folge der Zusammenziehungen niemals eine so rasche, dass der Anschein einer dauernden, durch keinen Nachlass unterbrochenen Zusammenziehung entstände, sondern es ist jede Zuckung von der folgenden und vorhergehenden durch eine merklich andauernde

Erschlaffungszeit geschieden. — Mit der steigenden Beschleunigung in der Contractionsfolge nimmt zugleich der Umfang der Verkürzung ab, wie dieses augenscheinlich durch die Ausdehnung der Ventrikel bezeugt wird, die um so grösser ist, je rascher die Fibrationen der Herzoberfläche einander folgen.

Wird das Herz dem Einflusse der Inductionsschläge entzogen, so dauert die Bewegung unter der Form, die sie durch den Reiz empfing, noch längere Zeit hindureh an, worauf sie meist plötzlich in die gewöhnliche Art der Zusammenziehung übergeht, indem sich alle Ventricularfasern gleichzeitig kräftiger und seltener verkürzen. Zu diesen schon durch K. Ludwig und Hoffa <sup>1)</sup> bekannten That-sachen füge ich folgende neue.

Die Empfänglichkeit des Herzens für Inductionsreize ist eine ausserordentlich grosse. Unter Anwendung der von mir benützten Vorrichtungen wurden die Herzschläge schon sehr beschleunigt, wenn die Drathwindungen noch 120 Millim. von einander entfernt standen; und nach einer 1·5 Sec. dauernden Reizung trat bei selbst grossen Hunden der Tod ein, wenn die Rollen bis auf 90 Millim. genähert waren. Um einen Begriff von der Stärke der reizenden Ströme in der zuerst genannten Stellung zu erhalten, diene die Angabe, dass die Inductionsschläge kaum im Stande waren, eine Empfindung auf der Zunge zu erregen, wenn sie auf die Oberfläche derselben geleitet wurden durch die gleichweit, wie im Herzen, von einander abstehenden Nadeln.

Die Zahl der Herzzusammenziehungen ändert sich mit den Inductionsschlägen so, dass sie bei der gleichen Stärke der letzteren um so mehr zunimmt, je länger das Herz unter ihrer Einwirkung steht; diese Erscheinung hängt offenbar mit den Nachwirkungen zusammen, die jeder Schlag zurücklässt. — Was die geringere Stärke der Inductionsschläge bei längerer Einwirkungsdauer leistet, das vermag auch der kräftigere Inductionsstrom in kürzerer Zeit herbeizuführen, d. h. es nimmt die Zahl der Herzschläge bei gleicher Anwendungsdauer zu, wenn die Stärke des reizenden Stromes steigt.

Zu dem über die Nachwirkung Bekannten hätte ich noch zuzufügen, dass zuweilen der Übergang der flimmernden in die gewöhnliche Herzbewegung stossweise geschieht, in der Art, dass

<sup>1)</sup> Zeitschrift für rationelle Medicin, IX. Bd. 1849.

der ungleichzeitige Contractionsmodus von einem Herzschlage mit gleichzeitiger Zusammenziehung aller Muskelbündel unterbrochen wird, dass dann das Flimmern, wenn auch schwächer, wiederkehrt, dann wieder ein normaler Herzschlag u. s. f., bis endlich die letzteren stetig auf einander folgen.

Als Beispiele für die gegebenen Mittheilungen folgen zwei Beobachtungen an Hunden mit geschlossenem Brustkasten.

Bemerkungen	Dauer d. Reizung in Sec.	Entfernung d. Rollen in Mm.	Zahl der Herzschl. in 30 Sec.	Verhältnisszahl d. Herzschläge, diejenige vor d. Reizung = 1
<b>1. Versuch.</b>				
Vor der Reizung . . . .	—	—	73	1·00
Während der Reizung	3·46	120	112	1·53
Nach der Reizung . . . .	—	—	74	1·01
Nach 9'' wieder gereizt während . . . .	2·31	120	116	1·58
Nach der Reizung . . .	—	—	75	1·02
Nach 11'' wieder ger.	4·15	120	120	1·64
Nach der Reizung . . .	—	—	91	1·24
<b>2. Versuch.</b>				
Vor der Reizung . . . .	—	—	90	1·00
Während der Reizung	2·31	120	116	1·28
Nach der Reizung . . .	—	—	95	1·05
Nach 7'' wieder ger.	2·77	110	171	1·90
Nach der Reizung . . .	—	—	103	1·14
Nach 11'' wieder ger.	1·84	90	194	2·15
Kurz nachher . . . . .	—	—	172	1·91
Tod des Thieres.				

Der Seitendruck in der *A. Carotis* erleidet während der Inductionsreizung jedesmal eine Verminderung und zwar eine um so grössere, je bedeutender die Wirkungsdauer und die Stärke der Reizungsschläge war. Ausdrücklich muss ich bemerken, dass es mir nie geglückt ist, eine Steigerung des Blutdrucks durch die Inductionsreizung zu erhalten; sobald ihr Einfluss auf das Herz überhaupt merklich war, sank auch der Druck. Das Sinken des Druckes ist in vollkommener Übereinstimmung mit der Beobachtung, dass sich der mittlere Umfang des Ventrikels in Folge der Inductionsreizung ausdehnte.

Zur Zeit der Nachwirkung verhält sich jedoch der Blutdruck so, dass er nach einer so eben vorübergegangenen, ganz schwachen Erregung etwas über den Werth steigt, der vor Beginn aller Reizung vorhanden war. War dagegen der einwirkende Inductionsstrom nur einigermaßen mächtig gewesen, so blieb auch nach der Einstellung der Schläge ein verminderter Blutdruck zurück. — Es folgen zwei Beispiele an Hunden mit geschlossenem Brustkasten

Bemerkungen	Reizungsdauer in Secunden	Abstand der Rollen	Mittlerer Seitendruck in Mm. Hg.	Verhältnisszahl des Blutdruckes, derjenige vor der Reizung = 1
<b>3. Versuch.</b>				
Vor der Reizung . . . .	—	—	38·4	1·00
Während der Reizung	18·95	120	35·8	0·93
Nach der Reizung . . .	—	—	40·4	1·05
Nach 28'' wieder ger.	30·88	120	27·6	0·72
Nach der Reizung . . .	—	—	39·3	1·02
Nach 12'' wieder ger.	—	90	22·4	0·58
Tod des Thieres.				
<b>4. Versuch.</b>				
Vor der Reizung . . . .	—	—	90·7	1·00
Während der Reizung	2·31	120	51·3	0·56
Nach der Reizung . . .	—	—	96·2	1·06
Nach 6'' neue Reizung	2·8	110	51·2	0·56
Nach der Reizung . . .	—	—	66·3	0·73
Nach 10'' neue Reizung	2·4	100	43·7	0·48
Nach der Reizung . . .	—	—	64·9	0·72
Nach 8'' neue Reizung	1·85	90	35·5	0·39
Tod des Thieres.				

Obwohl es schon aus der Übereinstimmung, dass intensive und dauernde Reizung die Zahl der Herzschläge mehrt und zugleich den Werth des Blutdruckes mindert, klar ist, dass das Sinken des Blutdruckes und die über ein gewisses Mass hinaus gesteigerte Zahl der Herzschläge gleichzeitig bestehen, so halte ich es doch nicht für überflüssig, auch hiefür noch einen besonderen Beobachtungsbeleg zu geben, der zugleich einen genauen Nachweis über den Gang der erscheinenden Nachwirkung enthält.



Bemerkungen	Dauer der Reizung oder Pause in Sec.	Zahl der Herzschl. in 30 Sec.	Mittlerer Blutdr. in Mm. Hg.	Verhältniss- zahl d. Herz- schläge	Verhältniss- zahl d. Blut- druckes
<b>5. Versuch.</b>					
Vor der Reizung . . . .	—	45	152·5	1·00	1·00
Während der Reizung	9·58	134	69·3	2·97	0·45
Nach der Reizung . . .	von 0 bis 4·48	80	116·7	1·77	0·76
	„ 4·48 „ 8·96	80	128·6	1·77	0·84
	„ 8·96 „ 13·44	63	134·5	1·40	0·88
Neue Reizung . . . . .	12·44	151	62·2	3·35	0·41
Nach der Reizung . . .	„ 0 bis 5·30	73	122·7	1·62	0·80
	„ 5·30 „ 10·60	73	127·9	1·62	0·83
	„ 10·60 „ 15·90	59	155·3	1·31	1·01

Die bis dahin mitgetheilten Beobachtungen veranlassen zu folgenden Bemerkungen.

1. Das Herz geräth unter dem Einflusse der Inductionsschläge nicht in Tetanus, oder wenn man den Wortstreit vermeiden will, die tetanisirende Reizung verleiht den Herzbewegungen einen ganz andern Charakter als den Zusammenziehungen in einem jeden andern quergestreiften Muskel, sei es, dass sie diesen selbst oder auch seine Nerven trifft. Denn es sind im Herzen die einzelnen Acte der Zusammenziehung unterbrochen, durch merkliche Zeiten der Abspannung, und obwohl die beschleunigten Bewegungen hier unter dem Einfluss von sehr schwachen Schlägen auftreten, bedingen sie doch sogleich mit ihrem Eintritt statt einer wachsenden Verminderung des Herzumfanges während der Contractionszeit, sogleich eine zunehmende Verlängerung desselben in jener Zeit.

2. Die Abnahme des Blutdruckes, die während der Inductionreizung beobachtet wird, ist abhängig von einer Abschwächung, welche entweder das gesammte Herz, oder auch nur die Organe der automatischen Reizung erfahren, und zwar wahrscheinlich wegen der über ein gewisses Mass beschleunigten Schlagfolge. — Unter Voraussetzung gleicher Dimensionen der Blutgefässe und gleicher Reibungscoëfficienten der Wandungen ist bekanntlich der Werth des Blutdruckes nur noch veränderlich mit der Geschwindigkeit des Blutstromes in der Aorta. Dieser ist aber eine Folge der Blutmassen, welche zum Herz geführt werden, der Kraft mit welcher sich die Muskeln desselben zusammenziehen und des Antheils dieser letztern, welche dem ausgetriebenen Herzinhalt zu Gute kommt. Da

nun weiter das der Inductionsreizung unterworfenen Herz von Blut ausgedehnt ist, so befindet es sich unter solchen Bedingungen, vermöge welcher die von seinen Muskeln entwickelten Kräfte dem reichlich vorhandenen Blut auch vorzugsweise zu Gute kommen müssten. Wenn also trotzdem der Blutdruck absinkt, so kann dieses nur von einer Verminderung der Muskelkräfte überhaupt herrühren.

3. Die vorsichtig geregelte Herzinduction gibt uns ein Mittel an die Hand, den Blutdruck unterhalb seines gewöhnlichen Masses in allen möglichen Abstufungen, und zwar dauernd herabzudrücken. Sie tritt damit als ein neues und wichtiges Mittel in die Reihe derjenigen, durch welche gewisse physiologische Vorgänge in ihrer Abhängigkeit vom Blutdruck und von der Blutgeschwindigkeit untersucht werden sollen.

4. Der Tod, der in Folge dieser Art von Herzreizung beobachtet wird, ist abhängig von der Erniedrigung des Druckes und der Geschwindigkeit des Blutstromes. Es verdient bemerkt zu werden, dass es auf diese Weise gelingt, den Tod eines Thieres ohne Verletzung seiner Nervencentren und ohne Veränderung seiner Blutmasse bequem herbeizuführen.

## II. Reizung des Herzens und n. Vagus durch Inductionsschläge.

Da es der Vagusreizung nicht gelingt, ein Herz zum Stillstand zu bringen, das durch einen Inductionsreiz aufgeregt war, so schloss man, dass die durch den unmittelbaren Reiz eingeleiteten Bewegungen überhaupt nicht durch den n. Vagus beeinflusst werden könnten. Indem ich diesen Satz einer weiteren Prüfung unterzog, verfuhr ich so, dass ich entweder Herz und Vagus gleichzeitig erregte; oder den Einfluss der Reizung des n. Vagus auf die noch vorhandene Nachwirkung der unmittelbaren Herzerregung; oder endlich den Einfluss der Inductionsschläge auf das Herz prüfte, während dieses noch unter der Herrschaft der Nacherregung des n. Vagus stand. Indem ich die Bedeutung der Vaguserregung für die Nachwirkung der unmittelbaren Herzreizung aufsuchte, musste ich so verfahren, dass ich zuerst das Herz, dann den n. Vagus und darauf wieder das Herz reizte; ohne die vorgängige Vagusreizung war das Herz meist zu empfindlich, als dass es die Zumuthung einer Minuten langen, wenn auch nur einigermassen ausgiebigen directen Reizung, wie es der Versuch hier verlangte, hätte ertragen können.



Jede der genannten Versuchsreihen führte zu dem Ergebniss, dass die Erregung des n. Vagus die Wirkungen der unmittelbaren Herzreizung vermindert, oder zum Verschwinden bringt, respective in ihr Gegentheil umkehrt; im Einzelnen gestaltete sich die Sache folgendermassen:

*a)* Bei gleichzeitiger Erregung des n. Vagus und des Herzens konnten die Herzschläge nicht vollkommen zum Stillstand gebracht werden, aber die Zahl derselben erhob sich auch nicht bis zu der Höhe, die vor aller Reizung vorhanden war; dem entsprechend verhielt sich auch der Blutdruck weder so wie bei der alleinigen Vagusreizung, noch auch derartig wie bei ausschliessend unmittelbarer Herzreizung; gewöhnlich stand er zwar niedriger wie an dem noch unberührten Herzen, zuweilen aber auch höher. Die Erscheinungen die man gewahrte, standen mit einem Worte in der Mitte zwischen den beiden Reizungen, und ob sie der einen oder andern Seite mehr genähert waren, hing von dem Verhältniss ab, in dem die beiden Reize zu einander standen.

*b)* Wurde das Herz nach vorgängiger Erregung des n. Vagus gereizt, so wurde der Herzschlag weniger beschleunigt und der Blutdruck weniger herabgedrückt, als dieses sonst durch die Herzreizung zu geschehen pflegte; dass man in dieser Beziehung sich nicht täuschte, ging deutlich aus einzelnen Fällen hervor, in welchen während der Herzreizung der Herzschlag seltener und der Blutdruck höher war, als vor der Erregung des n. Vagus. Ausser der Stärke der Reize war es für den Erfolg der unmittelbaren Reizung von Belang, wie bald sie nach der des n. Vagus geschah.

Das Entgegenwirken des Vagus und der Herzreizung wird auch noch durch die Beobachtung beleuchtet, dass es in den beiden Versuchsreihen *a* und *b* möglich war, die Rollen des wie früher geladenen Inductionsstromes sich nähern zu lassen, bis auf 30 Millim., während ohne gleichzeitige oder vorgängige Reizung des n. Vagus schon die Annäherung bis auf 90 Millim. tödtlich war.

*c)* Das Herzzittern, welches die unmittelbare Herzerregung zurück liess, konnte durch die Vaguserregung wieder zum Stillstand gebracht werden, wobei der Blutdruck rasch und tief sank; nach aufgehobener Reizung auch des n. Vagus stieg der Blutdruck gewöhnlich höher wie vor aller Reizung.

Diese Angaben werden durch folgende Beispiele belegt.

Bemerkungen	Dauer der Reizung in Sec.	Zahl der Herzschl. in 30 Sec.	Mittlerer Blutdr. in Mm.Hg.	Verhältnisszahl der Herzschläge vor d. Reizung = 1	Verhältnisszahl des Blutdruckes vor der Reizung = 1
<b>6. Versuch</b>					
(der rechte Vagus und das Herz gereizt).					
Vor der Reizung . . . .	—	69	45·0	1·00	1·00
Vagusreizung . . . . .	6·38	0	30·6	0	0·68
Herz- u. Vagusreizung	14·08	53	35·9	0·76	0·80
Vagus allein . . . . .	8·36	0	23·7	0	0·52
Nach Schluss der R.	—	49	46·0	0·71	1·02
(Nach 10 Minuten.)					
Vor der Reizung . . . .	—	66	37·8	1·00	1·00
Vagusreizung . . . . .	4·84	6	29·3	0·09	0·77
Herz- u. Vagusreizung	16·94	43	39·8	0·65	1·05
Vagusreizung . . . . .	8·14	0	35·7	0	0·94
Nach Schluss der R.	—	45	45·9	0·68	1·21
<b>7. Versuch</b>					
(der rechte Vagus und das Herz gereizt).					
Vor der Reizung . . . .	—	—	59·3	—	1·00
Vagusreizung . . . . .	7·48	—	30·0	—	0·51
Herz- u. Vagusreizung	13·20	—	54·0	—	0·91
Vagusreizung . . . . .	6·82	—	23·0	—	0·38
Nach Schluss der R.	—	—	63·7	—	1·07

In den folgenden Versuchen wurde erst der Blutdruck genommen, dann der rechte n. Vagus bis zum Verschwinden der Herzschläge gereizt, dann wieder in der darauf folgenden Zeit das Herz unmittelbar durch Inductionsschläge behandelt, wie es die Zahlen angeben.

Bemerkungen	Dauer der Reizung in Secunden	Mittlerer Blutdruck in Mm. Hg.	Verhältnisszahl des Blutdruckes vor der Reizung = 1
<b>8. Versuch.</b>			
Vor der Reizung . . . .	—	101·1	1·00
Herzreizung . . . . .	von 0 bis 3·8	103·4	1·02
Ohne Reizung . . . . .	„ 3·8 „ 7·8	101·4	1·00
Herzreizung . . . . .	„ 7·8 „ 11·6	101·1	1·00
Ohne Reizung . . . . .	„ 11·6 „ 17·6	101·5	1·00
Herzreizung . . . . .	„ 17·6 „ 23·5	95·0	1·93
Ohne Reizung . . . . .	„ 23·5 „ 30·5	107·0	1·05
Herzreizung . . . . .	„ 30·5 „ 35·3	92·3	0·91

Auf Grund der so eben mitgetheilten Beobachtungen lässt sich aussprechen:

1. Die Zustände, welche von der unmittelbaren Herzreizung und der Erregung des n. Vagus erzeugt werden, stehen mit Rücksicht auf die Bewegung des Herzens im geraden Gegensatze; die durch die Betheiligung beider Erregungen erzeugte Ruhe ist also das Resultat einer inneren, in's Gleichgewicht gekommenen Nerventhätigkeit. Dessenungeachtet können doch während ihres Bestehens die zuckenden oder Zuckung auslösenden Theile sich von früheren Anstrengungen erholen. Der erste Theil dieses Satzes, der bekanntlich von Ed. Weber zuerst ausgesprochen wurde, und zwar mit Bezug auf gesteigerte Erregungen des n. Vagus und der automatischen Organe in dem Herzen selbst, findet in den mitgetheilten Thatsachen seine Erweiterung auch auf die elektrischen Erregungen der Herzmasse. — Der zweite Theil des Satzes, dass nämlich sich in der Vaguspause auch die Störungen wieder ausgleichen, welche durch vorausgegangene Zuckungen in den Motoren des Herzens erzeugt sind (K. Ludwig), wird durch unsere Versuche ausser Zweifel gesetzt. Hiernit erklärt sich auch die paradoxe Erscheinung, dass zwei Einflüsse, von denen jeder für sich die Herzarbeit herabsetzt, resp. den Blutdruck mindert, gleichzeitig angewendet den Blutdruck und den mittleren Umfang der Herzzusammenziehung steigern. Denn wenn die rasche Folge der Schläge, welche die unmittelbare Herzreizung für sich allein erzeugt, durch eine Erregung der n. Vagi gemässigt wird, so kann in der zuckungsfreien Zeit das Herz die Erregbarkeit wieder gewinnen, und somit Schläge ausführen, die (je nach der Länge der Pause) kräftiger sind, als sie vor aller Reizung waren.

2. Die Herzlähmung, welche die Inductionsschläge veranlassen, ist bedingt durch die Veränderungen, welche die durch sie eingeleitete Herzbewegung erzeugt; dieses geht einfach aus der Erfahrung hervor, dass bei bestehender Erregung des n. Vagus verhältnissmässig starke Inductionsschläge ihre lähmende Kraft verlieren; dieser Satz füllt die Lücke aus, welche im Beweise unter I, 2 (p. 7) noch gelassen wurde.

Insofern man annimmt, dass die Erregung des n. Vagus nicht unmittelbar die Muskeln beruhigt, sondern erst mittelst irgend welcher anderer Organe, z. B. der Ganglien, darf man behaupten, dass auch die Inductionsschläge Bewegungen auslösen durch einen

Angriff auf jene Organe, nicht aber durch eine unmittelbare Erregung der Muskeln.

### III. Reizung des Herzens durch den constanten Strom.

Indem ich das Herz durch den constanten Strom zu reizen trachtete, musste ich verzichten auf die Anwendung der schönen Methoden, welche die Berliner elektro-physiologische Schule für die Erregung des Nerven-Muskelpräparates benutzt hat. Die Gründe hierfür sind naheliegend. Denn wäre es mir selbst gelungen, was nicht unmöglich war, die unpolarisirebaren Elektroden an das Herz zu legen, so würde dieses doch zwecklos gewesen sein: einmal weil der Widerstand der Lunge, die für das in seiner Lage befindliche Herz als Nebenschliessung wirkt, mit den Athembewegungen veränderlich ist, und dann weil sich mit der Herzbewegung sowohl der Abstand der an dem Ventrikel befestigten Elektroden, als auch die Dichtigkeit des Stromarmes, der durch das Herz geht, ändert. Zu den hierher gehörigen Versuchen wurde also ein Strom von nur annähernd gleicher Stärke verwendet. Die aus der Kette hervorgehenden beiden Stromarme hatte ich in je zwei Zweige gespalten, der eine fasste das Herz, der andere einen Rheostaten zwischen sich; ich konnte also die Reizung von geringen zu immer stärkeren Werthen anschwellen lassen.

Wenn der reizende Strom bei gleicher Schliessungsdauer von geringerer zu immer grösserer Stärke anwächst, so wird, wie zuerst E e k h a r d angegeben, die Herzbewegung anfangs eine mehr und mehr beschleunigte, und zugleich steigt hierbei der Seitendruck des Blutes bedeutend; diese Erhöhung des Blutdruckes erreicht jedoch mit der steigenden Stromstärke bald ein Maximum, indem er mit der noch weiter fortwachsenden Stromintensität abnimmt, und zwar so weit, bis endlich das Herz und zwar in Diastole stille steht, in Folge dessen das Thier alsbald stirbt. Eine jede, wenn auch nur kurz dauernde Reizungsperiode hinterlässt nach ihrem Schlusse eine Nachwirkung, in welcher die Herzschläge zwar noch häufiger als vor der Reizung bleiben, der Blutdruck jedoch unter das Mass sinkt, welches er vor dem Eindringen des constanten Stromes besass. Diesem Reizungsrückstande ist es zuzuschreiben, dass sich mit der dauernden Einwirkung desselben constanten Stromes der Herzschlag mehr und mehr beschleunigt, und dass ein Strom, der zu einem Herzen geleitet wird,

welches vor Kurzem schon einmal demselben Strome ausgesetzt war, jetzt einen viel häufigeren Herzschlag erzeugt, als er es zum ersten Male that.

Beispiele geben die folgenden Tabellen:

Bemerkungen	Dauer der Reizung in Sec.	Zahl der Herzschl. in 30 Sec.	Verhältnisszahl der Herzschläge, vor d. Reizung = 1	Mittlerer Blutdr. in Mm. Hg.	Verhältnisszahl des Blutdrucks, vor der Reizung = 1
<b>9. Versuch.</b>					
Vor der Reizung . . .	—	118	1·00	—	—
Während der Reizung	7·62	165	1·39	—	—
Nach der Reizung . . .	—	129	1·09	—	—
Nach 10'' neue Reizung	8·0	200	1·69	—	—
Nach der Reizung . . .	—	153	1·29	—	—
Nach 10'' neue Reizung	7	222	1·89	—	—
Nach der Reizung . . .	—	212	1·79	—	—
<b>10. Versuch.</b>					
Vor der Reizung . . .	—	119	1·00	114·3	1·00
Während der Reizung	7	202	1·56	130·8	1·14
Nach der Reizung . . .	—	137	1·21	112·9	0·98
Nach 10'' neue Reizung	8	216	1·68	123·1	1·07
Nach der Reizung . . .	—	157	1·21	113·3	0·99
Nach 10'' neue Reizung	10	245	1·87	117·9	1·03
Nach der Reizung . . .	—	216	1·68	111·7	0·97
<b>11. Versuch.</b>					
Vor der Reizung . . .	—	—	—	91·7	1·00
Während der Reizung	5	—	—	129·1	1·47
Nach der Reizung . . .	—	—	—	83·3	0·91
Nach 10'' neue Reizung	5	—	—	106·7	1·16
Nach der Reizung . . .	—	—	—	85·6	0·93
Nach 10'' neue Reizung	10	—	—	132·1	1·44
Nach der Reizung . . .	—	—	—	80·4	0·87

Die bis dahin gewonnenen Erfahrungen genügen natürlich nicht, um eine Hypothese darüber aufzustellen, wie der constante Strom die reizbaren Herztheile verändert; dieses Unternehmen müsste, von allen andern abgesehen, schon darum scheitern, weil im Herzen zu andern schon besser bekannten physiologischen Bedingungen eine neue hinzutritt, welche sich aus einem noch unbekanntem Grunde periodisch so ändert, dass sie selbst zum Nervenreiz wird. Es liesse

sich denken, dass ein constanter Strom den Ablauf dieser Periode beschleunigte, so dass dieser also hier vermöge eines Umstandes wirkte, der bei einem Muskel-Nervenpräparate gar nicht in Betracht käme. Wenn ich nun trotzdem mir noch weitere Bemerkungen erlaube, so geschieht dieses nur in Hinblick auf die Streitfrage, welche sich zwischen Eckhard und Heidenhain erhoben hat. Der letztere Gelehrte sucht bekanntlich die von dem Ersteren beobachtete Beschleunigung der Herzschläge durch den constanten Strom auf gleiche Linie zu stellen mit der schönen Entdeckung Pflüger's, dass ein sehr schwacher constanter Strom auch das Muskel-Nervenpräparat in Tetanus versetzen könne. Dieser Vergleich erscheint mir aber unhaltbar, denn 1. kommt das Herz durch den sogenannten constanten Strom gar nicht in Tetanus; 2. der Strom, welcher das Herz durchzieht, ist aus schon angegebenem Grunde gar kein constanter, und 3. der Strom, welcher das Herz zu beschleunigter Schlagfolge anregte, ist viel stärker als der, welcher den Frosehnerven tetanisirt.

Wollte man das Herz als eine einfache Zusammenstellung von Muskeln und Nerven ansehen, so schiene es mir am nächsten zu liegen, den Grund für die beschleunigenden Kräfte des sogenannten constanten Stromes in der Veränderung desselben zu suchen, die er durch die Herzbewegungen selbst erfährt. Erinnerung man sich, dass das Herz sehr empfindlich ist gegen jede elektrische Stromesschwankung und dass ausserdem jede, wenn auch noch so vorübergehende Reizung, das Herz in einem Zustand zurücklässt, der es zu einer rascheren Schlagfolge geschickt macht, so liesse sich der Hergang folgendermassen deuten: Die erste Schliessung der constanten Kette bedingt eine Herzreizung und in Folge dessen einen Schlag; diese Bewegung verändert aber selbst wieder den durch das Herz gehenden Strom, und diese neue Reizung, welche ein erregbar gewordenes Herz trifft, bedingt eine zweite, schon stärkere Zusammenziehung u. s. f.; hieraus würde zugleich ersichtlich, warum mit der steigenden Einwirkungsdauer die Zahl der Schläge in der Zeiteinheit zunehmen müsste. Diese Erklärungsweise könnte von zwei Seiten her angegriffen werden. Eckhard, dem sie sich gleich anfangs aufdrängte, verwarf sie darum wieder, weil es ihm nicht gelang, während der Herzbewegung einen Frosehchenkel zucken zu sehen, dessen Nerv in denselben constanten Strom eingeschaltet war, der auch das Herz aufgenommen hatte; er glaubte daraus



beweisen zu können, dass überhaupt keine zur Nervenreizung genügende Stromesschwankung stattgefunden. Nehmen wir nun auch an, was aber doch selbst noch fraglich ist, dass die Nerven des Herzens keine grössere Erregbarkeit besitzen als die des Schenkels, so würde jener Beweis immer noch nicht überzeugend sein. Denn es wäre ganz wohl möglich, dass bei der Zusammenziehung des Herzens die Stärke des Gesamtstromes unverändert geblieben wäre und sich dabei doch geändert hätte die Stärke der Partialströmungen, welche durch die einzelnen Abtheilungen des Herzens gehen, und zwar darum, weil sich in einzelnen Stücken desselben die Dimensionen, der Blutgehalt u. s. w. durch die Zusammenziehung geändert hätte. Einen andern Einwand gegen die Annahme, dass der sogenannte constante Strom nur insoferne reizt, als er zu einem veränderlichen wird, könnte man nehmen wollen aus dem Unterschiede des Blutdruckes (und der Stärke der Herzschläge) bei der Reizung mit dem constanten und derjenigen mit dem intermittirenden Strome. In der That besteht derselbe aber nur so lange, als der constante Strom wegen seiner längeren Dauer oder seiner geringeren Stärke die Zahl der Herzschläge nicht über ein gewisses Mass steigert; ist dieses überschritten, so decken sich die Erfolge des Inductions- und des constanten Stromes, und es wäre also erst genauer nachzusehen, ob man nicht auch noch durch mancherlei Kunstgriffe mit dem intermittirenden Strome dasselbe erreichen könnte, was innerhalb derselben Grenzen der ununterbrochene leistet.

Wichtiger als für die Theorie der Herzbewegungen sind die mit dem constanten Strome gewonnenen Erfahrungen für die Kreislaufänderung; denn sie geben uns ein sicheres und einfaches Mittel an die Hand, um durch die Herzbewegung allein den Blutdruck in nicht unbeträchtlichen Grenzen augenblicklich zu erhöhen.